

CINEMÁTICA

Movimiento rectilíneo uniforme.

- 1.- Un objeto se encuentra en el punto de coordenadas (4,0) en unidades del SI moviéndose en el sentido positivo del eje X con una velocidad constante de 3 m/s.
- determina la ecuación del el vector posición en función del tiempo
 - Representa la gráfica posición tiempo.
- 2.- Un atleta corre por una carretera recta con una velocidad constante de 18 km/h, Calcula:
- La distancia que recorre en 20 min, expresada en kilómetros
 - El tiempo que tarda en recorrer 42 km.
- 3.- La ecuación de posición de un móvil es $\mathbf{r} = (4 \cdot t + 5) \mathbf{i} + 2 \mathbf{j}$ m. Calcula:
- ¿Cuál es su posición inicial?
 - Su posición al cabo de 8 s
 - La distancia recorrida en dicho tiempo.
- 4.- Dibuja las gráficas x-t y v_x -t de un objeto de movimiento rectilíneo que se desplaza a lo largo del eje X según los datos de la tabla adjunta:

t (s)	0	2	4	6	8
x(m)	40	60	80	100	120

- 5.- Desde dos lugares, A y B, que se encuentran situados a una distancia de 6 km, parten dos ciclistas en el mismo instante con velocidades constantes de 18 km/h y 36 km/h, en línea recta y uno al encuentro del otro. Calcula:
- El tiempo que tardan en encontrarse
 - La posición del encuentro, tomando como origen de coordenadas el punto A
 - Dibuja conjuntamente el diagrama x-t de ambos movimientos.
- 6.- Un peatón parte del punto A con velocidad 5 m/s en dirección al punto B. Al mismo tiempo, otro sale desde el punto B, 200 m más adelante, en la misma dirección y sentido con una velocidad 4 m/s. Calcula:
- el tiempo que tardará en alcanzarlo
 - la posición tomada desde A en la cual el primer peatón dará alcance al segundo
 - dibuja la gráfica x-t de ambos peatones.

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

- 7.- Representa gráficamente v_y , v (en módulo), y a_y frente al tiempo de un objeto lanzado desde el suelo verticalmente hacia arriba.

- 8.-** Un automóvil que parte del reposo, recorre 125 m con aceleración constante durante 8 s. Calcula:
- a) la aceleración
 - b) la velocidad final en kilómetros por hora.
- 9.-** Un vehículo que circula a 90 km/h acelera para adelantar a otro. Si la aceleración es igual a 5 m/s^2 y precisa de 250 m para adelantar, calcula:
- a) la velocidad del automóvil al finalizar el adelantamiento
 - b) el tiempo durante el cual está adelantando.
- 10.-** Un turismo lleva una velocidad constante de 54 km/h cuando cruza por una señal de tráfico. Dos kilómetros más adelante, en ese mismo instante, un camión inicia su camino en sentido contrario con una aceleración de 4 m/s^2 . Calcula:
- a) la distancia a la cual se encuentran, medida desde señal de tráfico
 - b) la velocidad del turismo y del camión cuando ambos se cruzan.
- 11.-** Un vehículo arranca con aceleración constante de 3 m/s^2 en el mismo instante en el que es adelantado por otro que circula a una velocidad constante de 108 km/h. Calcula:
- a) la distancia a la que el primer vehículo da alcance al segundo
 - b) la velocidad del primer vehículo en dicho momento.
- 12.-** Desde una altura de 1200 m se deja caer un objeto. Calcula:
- a) el tiempo que tarda en llegar al suelo.
 - b) la velocidad del impacto con el mismo.
- 13.-** Desde una altura de 50 y 25 m sobre el suelo se lanzan al mismo tiempo hacia arriba sendos cohetes con velocidades de 150 y 200 m/s respectivamente. Calcula:
- a) la distancia del suelo a la que se cruzan y el tiempo que tardan en cruzarse
 - b) las velocidades de cada cohete en dicho instante.
- 14.-** Se lanza verticalmente hacia arriba una piedra con una velocidad de 20 m/s; tres segundos después se lanza otra piedra con una velocidad de 12 m/s en la misma dirección y sentido. Calcula:
- a) el tiempo que tardan en cruzarse
 - b) la altura a la que se cruzan
 - c) las componentes escalares de la velocidad de cada una de las piedras en dicho momento.

Composición de movimientos.

- 15.-** Se desea cruzar un río de 60 m de ancho nadando a una velocidad de 1,5 m/s perpendicularmente a una corriente de 2 m/s. Calcula:
- a) el tiempo que se tarda en llegar a la otra orilla
 - b) la velocidad real del nadador
 - c) la distancia del punto de partida a la que llega el nadador cuando alcance la otra orilla.
- 16.-** Un saltador de esquí salta desde 30 m de altura sobre la zona de caída horizontalmente con una velocidad de 108 km/h. Calcula:
- a) el tiempo que está en el aire
 - b) el alcance que consigue, medido desde el trampolín
 - c) la velocidad en el momento del contacto con la nieve.
- 17.-** Se dispara un misil horizontalmente desde un alto situado 80 m por encima de la meseta. Si se desea que hagan impacto en un objetivo situado a 20 km al norte del lanzador, calcula:
- a) el tiempo que tardan en chocar contra el objetivo
 - b) la velocidad a la que tienen que salir los misiles del lanzador.
- 18.-** Disparamos un proyectil desde el suelo con una velocidad inicial de 700 m/s y un ángulo de inclinación de 40° respecto a la horizontal. Calcula:
- a) el alcance del proyectil
 - b) la altura máxima
 - c) la posición y la velocidad del proyectil 5 s después de haber sido lanzado.
- 19.-** Un lanzador de peso consigue alcanzar una distancia de 20 m con un ángulo de inclinación de 45° . Calcula:
- a) la velocidad de lanzamiento
 - b) el tiempo que la bola estuvo en el aire.
- 20.-** Se dispara un proyectil con una velocidad inicial de 300 m/s desde una colina 100 m por encima del terreno y con un ángulo de inclinación de 30° respecto de la horizontal. Calcula:
- a) el alcance del proyectil (distancia horizontal)
 - b) la velocidad del proyectil cuando llega al suelo.

Movimiento circular.

21.- Contesta si es verdadero o falso:

- a) La velocidad angular es la misma para todos los puntos de una rueda que efectúa un movimiento circular
- b) La aceleración angular se mide en m/s^2
- c) En un movimiento circular uniforme la aceleración angular es nula.

22.- Un disco gira en un tocadiscos a 45 rpm. Calcula:

- a) la velocidad angular en rad/s
- b) el número de vueltas que da durante una canción de 4 minutos.

23.- Una moto toma una curva de 200 m de radio a una velocidad constante de 72 km/h. Calcula:

- a) la velocidad angular;
- b) la aceleración normal.

24.- Un disco de 10 cm de radio se pone en movimiento con una aceleración angular de $0,5 \text{ rad/s}^2$. Calcula:

- a) la velocidad angular a los 5 s de iniciado el movimiento
- b) el ángulo girado en radianes durante ese tiempo
- c) el tiempo que tarda en dar 10 vueltas.

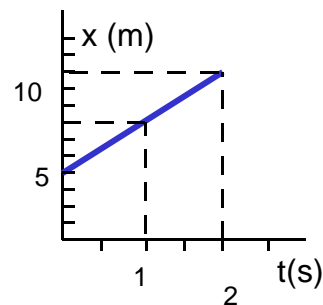
SOLUCIONES CINEMÁTICA

1.- $r_0 = 4 \text{ i m}$; $v = 3 \text{ i m/s}$

a) $r = (x_0 + v_x \cdot t) \cdot i = (4 + 3 t) \text{ i m}$

b)

t (s)	x (m)
0	4
1	7
2	10



2.- $v = 18 \text{ km/h}$

a) $\Delta s = v \cdot t = 18 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 20 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 6 \text{ km}$

b) $t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{42 \text{ km}}{18 \text{ km/h}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 140 \text{ min} = 2 \text{ h y } 20 \text{ min}$

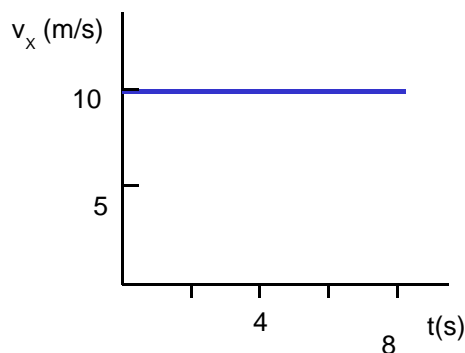
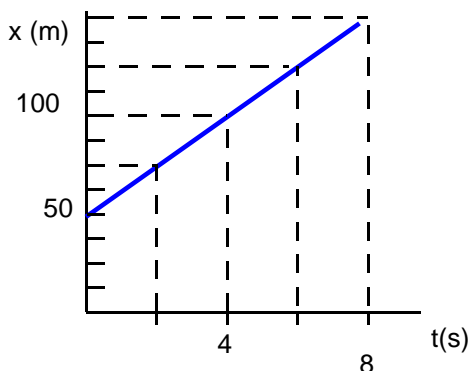
3.- a) $r(t = 0 \text{ s}) = (4 \text{ m/s} \cdot 0 \text{ s} + 5 \text{ m}) \text{ i} + 2 \text{ m j} = (5 \text{ i} + 2 \text{ j}) \text{ m}$

b) $r(t = 8 \text{ s}) = (4 \text{ m/s} \cdot 8 \text{ s} + 5 \text{ m}) \text{ i} + 2 \text{ m j} = (37 \text{ i} + 2 \text{ j}) \text{ m}$

c) $\Delta r = (37 \text{ i} + 2 \text{ j}) \text{ m} - (5 \text{ i} + 2 \text{ j}) \text{ m} = 32 \text{ i m}$; $|\Delta r| = 32 \text{ m}$
 Como el movimiento es rectilíneo y de un solo sentido:

$\Delta s = |\Delta r| = 32 \text{ m}$

4.-

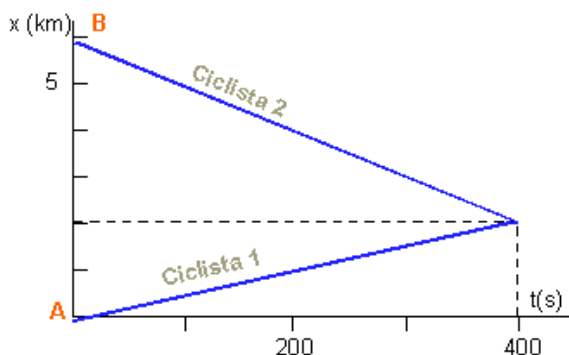


5.- $v_{x1} = 18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$; $v_{x2} = -36 \text{ km/h} = -10 \text{ m/s}$

a) Ciclista 1: $x_1 = x_{01} + v_{x1} \cdot t = 5 \text{ m/s} \cdot t$
 Ciclista 2: $x_2 = x_{02} + v_{x2} \cdot t = 6000 \text{ m} - 10 \text{ m/s} \cdot t$

En el punto de encuentro: $x_1 = x_2$

$5 \text{ m/s} \cdot t = 6000 \text{ m} - 10 \text{ m/s} \cdot t \Rightarrow t = 400 \text{ s}$;
 $t = 6 \text{ min } 40 \text{ s}$



b) $x_1 = 5 \text{ m/s} \cdot t = 5 \text{ m/s} \cdot 400 \text{ s} = 2000 \text{ m}$
 $\Rightarrow \mathbf{r = 2000 \text{ i m}}$

c)

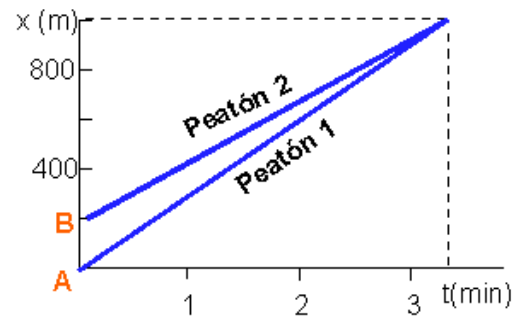
6.- $v_{x1} = 5 \text{ m/s}; \quad v_{x2} = 4 \text{ m/s}$

a) Peatón 1: $x_1 = x_{01} + v_{x1} \cdot t = 5 \text{ m/s} \cdot t$
 Peatón 2: $x_2 = x_{02} + v_{x2} \cdot t = 200 \text{ m} + 4 \text{ m/s} \cdot t$

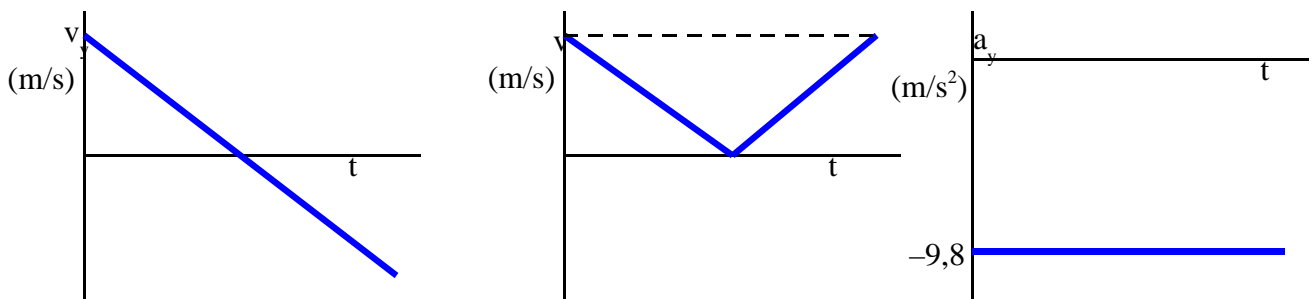
En el punto de encuentro: $x_1 = x_2$

$5 \text{ m/s} \cdot t = 200 \text{ m} + 4 \text{ m/s} \cdot t \Rightarrow t = 200 \text{ s};$
 $\Rightarrow \mathbf{t = 3 \text{ min } 20 \text{ s}}$

b) $x_1 = 5 \text{ m/s} \cdot t = 5 \text{ m/s} \cdot 200 \text{ s} = 1000 \text{ m}$
 $\Rightarrow \mathbf{r = 1000 \text{ i}}$



7.-



8.- a) Como en este caso $x_0 = 0 \text{ m}; v_0 = 0 \text{ m/s}$, la ecuación general: $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$ quedará:
 $x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$

Despejando: $a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \cdot 125}{(8)^2} = \mathbf{3,91 \text{ m/s}^2}$

b) $v = v_0 + a \cdot t = 3,9 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ s} = 31,25 \text{ m/s}$

$31,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \mathbf{112,5 \text{ km/h}}$

9.- a y b) $v_0 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}; x_0 = 0$

la ecuación general: $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$ quedará:

$250 = 0 + 25 t + \frac{1}{2} 5 t^2$. Calculamos $t = 6,19 \text{ s}$ y sustituimos en la ec. de la velocidad

$v = v_0 + a \cdot t = 25 + 2,5 \cdot 6,19 = 55,95 \text{ m/s} \Rightarrow \mathbf{v = 55,9 \text{ m/s}}$

10.- a) Turismo: $x_1 = x_{01} + v_1 \cdot t = 15 \cdot t$

Camión: $x_2 = x_{02} + v_{02} \cdot t + \frac{1}{2} a_x \cdot t^2 = 2000 - 2 \cdot t^2$

En el punto de encuentro: $x_1 = x_2$

$$15 \cdot t = 2000 - 2 \cdot t^2 \Rightarrow 2 \cdot t^2 + 15 \cdot t - 2000 = 0$$

Resolviendo la ecuación de segundo grado: $t_1 = -35,6 \text{ s}$; $t_2 = 28,1 \text{ s}$

Rechazando la solución negativa: $x_1 = 15 \text{ m/s} \cdot t = 15 \text{ m/s} \cdot 28,1 \text{ s} = \mathbf{421,5 \text{ m}}$

b) $v_{1x} = 15 \text{ m/s} \Rightarrow v(\text{turismo}) = \mathbf{15 \text{ m/s}}$

$$v_{2x} = v_{0x} - a_x \cdot t = -2 \cdot 28,1 = -56,2 \text{ m/s} \Rightarrow v(\text{camión}) = \mathbf{56,2 \text{ m/s}}$$

11.- a) Vehículo 1: $x_1 = x_{01} + v_{01x} \cdot t + \frac{1}{2} a_x t^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot t^2$

Vehículo 2: $x_2 = x_{02} + v_{2x} \cdot t = 30 \cdot t$

En el punto de encuentro: $x_1 = x_2$: $1,5 \cdot t^2 = 30 \cdot t \Rightarrow t_1 = 0 \text{ s}$; $t_2 = 20 \text{ s}$

$$x_1 = 1,5 \cdot t^2 = 1,5 \cdot (20 \text{ s})^2 = \mathbf{600 \text{ m}}$$

b) $v_{1x} = v_{01x} + a \cdot t = 3 \cdot 20 = \mathbf{60 \text{ m/s}}$

12.- a) $y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = 1200 - 4,9 \cdot t^2$

Cuando llega al suelo $y = 0$: $0 = 1200 - 4,9 \cdot t^2 \Rightarrow \mathbf{t = 15,6 \text{ s}}$

b) $v_y = v_{0y} + a_y \cdot t = -9,8 \cdot t$

$$v_y(t=15,6 \text{ s}) = -9,8 \cdot 15,6 = -153,4 \text{ m/s}$$

Y el módulo de la velocidad será: $\mathbf{153,4 \text{ m/s}}$

13.- a) $y_1 = y_{01} + v_{0y1} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = 50 \text{ m} + 150 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$

$$y_2 = y_{02} + v_{0y2} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = 25 \text{ m} + 200 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$$

Se encontrarán cuando $y_1 = y_2$:

$$50 \text{ m} + 150 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 = 25 \text{ m} + 200 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 \Rightarrow \mathbf{t = 0,5 \text{ s}}$$

b) $v_{y1} = v_{0y1} + a_y \cdot t = 150 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ s} = 145,1 \text{ m/s} \Rightarrow \mathbf{v_1 = 145,1 \text{ m/s}}$

$$v_{y2} = v_{0y2} + a_y \cdot t = 200 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ s} = 195,1 \text{ m/s} \Rightarrow \mathbf{v_2 = 195,1 \text{ m/s}}$$

14.- a) Se calculan la posición y velocidad al cabo de 3 s, que serán y_{01} y v_{0y1} ya que el reloj se pone de nuevo a cero al lanzar la segunda piedra:

$$y_1(t=3\text{s}) = 20 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ s} - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot (3 \text{ s})^2 = 15,9 \text{ m} = y_{01}$$

$$v_{y1}(t=3\text{s}) = 20 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (3 \text{ s}) = -9,4 \text{ m/s} = v_{0y1}$$

$$y_1 = y_{01} + v_{0y1} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = 15,9 \text{ m} + -9,4 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$$

$$y_2 = y_{02} + v_{0y2} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = 12 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$$

$$\text{Igualando } y_1 = y_2: 15,9 \text{ m} - 9,4 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 = 12 \text{ m/s} \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 \Rightarrow \mathbf{t = 0,74 \text{ s}}$$

b) $y_2(t=0,74 \text{ s}) = 12 \text{ m/s} \cdot 0,74 \text{ s} - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot (0,74 \text{ s})^2 = \mathbf{6,2 \text{ m}}$

c) $v_{y1}(t=0,74 \text{ s}) = -9,4 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,74 \text{ s} = \mathbf{-16,7 \text{ m/s}}$

$$v_{y2}(t=0,74 \text{ s}) = 12 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,74 \text{ s} = \mathbf{4,7 \text{ m/s}}$$

15.- a) Si la corriente sigue la dirección del eje "x", las ecuaciones del movimiento serán:

$$x = 2 \text{ m/s} \cdot t; \quad y = 1,5 \text{ m/s} \cdot t$$

Particularizando para $y = 60 \text{ m} = 1,5 \text{ m/s} \cdot t$ se obtiene que: $\mathbf{t = 40 \text{ s}}$

b) $\vec{v} = (2 \vec{i} + 1,5 \vec{j}) \text{ m/s} \quad |\vec{v}| = \sqrt{2^2 + 1,5^2} \text{ m/s} = \mathbf{2,5 \text{ m/s}}$

$$\text{c) } x(t = 40 \text{ s}) = 2 \text{ m/s} \cdot 40 \text{ s} = 80 \text{ m}; \quad y(t = 40 \text{ s}) = 1,5 \text{ m/s} \cdot 40 \text{ s} = 60 \text{ m}$$

$$|\vec{r}|(t = 40 \text{ s}) = \sqrt{80^2 + 60^2} \text{ m} = \mathbf{100 \text{ m}}$$

16.- a) Ecuaciones del movimiento: $x = 30 \cdot t$; $y = 30 - 4,9 \cdot t^2$.

El alcance es la "x" cuando $y = 0$ m: $0 = 30 - 4,9 \cdot t^2$

$$\mathbf{2,4} \quad t = \sqrt{\frac{30 \text{ m}}{4,9 \text{ m/s}^2}} = \mathbf{7 \text{ s}}$$

$$\text{b) } x(t = 2,47 \text{ s}) = 30 \text{ m/s} \cdot 2,47 \text{ s} = \mathbf{74,1 \text{ m}}$$

$$\text{c) } v_y(t = 2,47 \text{ s}) = -9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,47 \text{ s} = -24,2 \text{ m/s}; \quad v_x = 30 \text{ m/s}$$

$$|\vec{v}| = \sqrt{30^2 + (-24,2)^2} \text{ m/s} = \mathbf{38,6 \text{ m/s}}$$

17.- a) Ecuaciones del movimiento: $x = v_{0x} \cdot t$; $y = 80 \text{ m} - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$.

Cuando $x = 20000 \text{ m}$, $y = 0$ m: $0 = 80 - 4,9 \cdot t^2$

$$t = \sqrt{\frac{80 \text{ m}}{4,9 \text{ m/s}^2}} = \mathbf{4,04 \text{ s}}$$

$$\text{b) } v_{0x} = \frac{x}{t} = \frac{20000 \text{ m}}{4,04 \text{ s}} = \mathbf{4950 \text{ m/s}}$$

$$\mathbf{18.- a)} \quad \text{alcance} = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen } 2\alpha}{g} = \frac{(700 \text{ m/s})^2 \cdot \text{sen } 80^\circ}{9,8 \text{ m/s}^2} = \mathbf{49240 \text{ m}}$$

También puedes plantear las ecuaciones del movimiento a lo largo de los ejes x e y calculando el valor de x cuando $y = 0$ m

b) De la ecuación de la v_y , calcula a que tiempo "t" su valor se hace nulo y sustituye en la ecuación de la posición en el eje y, o bien utiliza la fórmula:

$$\text{altura máxima} = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen}^2 \alpha}{2g} = \frac{(700 \text{ m/s})^2 \cdot \text{sen}^2 40^\circ}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = \mathbf{10330 \text{ m}}$$

c) Ecuaciones escalares del movimiento:

$$x = 700 \cdot \cos 40^\circ \cdot t$$

$$y = 700 \cdot \text{sen } 40^\circ \cdot t - 4,9 \cdot t^2$$

$$x(t = 5 \text{ s}) = 700 \cdot \cos 40^\circ \cdot 5 = \mathbf{2681 \text{ m}}$$

$$y(t = 5 \text{ s}) = 700 \cdot \text{sen } 40^\circ \cdot 5 - 4,9 \cdot 25 = \mathbf{2127 \text{ m}}$$

19.- a) Utiliza las ecuaciones sobre los ejes x e y haciendo que $y = 0$ m o bien emplea la fórmula:

$$\text{alcance} = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen } 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{x_{\text{máx}} \cdot g}{\text{sen } 2\alpha}} = \frac{20 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{1} = \mathbf{14 \text{ m/s}}$$

b) Despejando "t" de $x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$:

$$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} = \frac{20 \text{ m}}{14 \text{ m/s} \cdot \cos 45^\circ} = \mathbf{2,02 \text{ s}}$$

20.- a) $x = 300 \text{ m/s} \cdot \cos 30^\circ \cdot t$;
 $y = 100 \text{ m} + 300 \text{ m/s} \cdot \sin 30^\circ \cdot t - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$.

El alcance es la "x" para cuando $y = 0 \text{ m}$; $0 = 100 + 300 \cdot \sin 30^\circ \cdot t - 4,9 \cdot t^2$.

Despejando "t" de la ecuación de 2º grado se obtiene que : $t_1 = -0,65 \text{ s}$; $t_2 = 31,26 \text{ s}$

$$x = (t = 31,26 \text{ s}) = 300 \text{ m/s} \cdot \cos 30^\circ \cdot 31,26 \text{ s} = \mathbf{8122 \text{ m}}$$

b) $v_x = 300 \cdot \cos 30^\circ = 259,8 \text{ m/s}$

$$v_y = 300 \cdot \sin 30^\circ - 9,8 \cdot 31,26 = -156,3 \text{ m/s}$$

$$|\vec{v}| = \sqrt{259,8^2 + (-156,3)^2} \text{ m/s} = \mathbf{301,8 \text{ m/s}}$$

21.- a) Verdadero, ya que todos los puntos se desplazan el mismo ángulo en el mismo intervalo de tiempo.

b) Falso. Se mide en rad/s^2 .

c) Verdadero, ya que al ser constante la velocidad angular, ω , $\alpha = \Delta \omega / \Delta t$ debe ser igual a 0.

22.- a) $45 \text{ rpm} = \frac{45 \text{ vueltas}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{vuelta}} = \mathbf{4,71 \text{ rad/s}}$

b) $\Delta \phi = \omega \cdot t = 45 \text{ vueltas/min} \cdot 4 \text{ min} = \mathbf{180 \text{ vueltas}}$

23.- a) $v = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{20 \text{ m/s}}{200 \text{ m}} = \mathbf{0,1 \text{ rad/s}}$$

b)

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(20 \text{ m/s})^2}{200 \text{ m}} = \mathbf{2 \text{ m/s}^2}$$

24.- a) $\omega = \omega_0 + \alpha \cdot t = 0,5 \text{ rad/s}^2 \cdot 5 \text{ s} = \mathbf{2,5 \text{ rad/s}}$

b) $\Delta \phi = \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2 = \frac{1}{2} 0,5 \text{ rad/s}^2 \cdot (5 \text{ s})^2 = \mathbf{6,26 \text{ rad}}$

c) $t = \sqrt{\frac{2 \Delta \phi}{\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20\pi \text{ rad}}{0,5 \text{ rad/s}^2}} = \mathbf{15,85 \text{ s}}$